

**УДК 621.941-229.3**

**І.В. Луців, докт. техн. наук, проф.; В.Н. Волошин, канд. техн. наук, доц.; Р.О. Бица**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ  
ДИНАМІЧНОЇ ПОХИБКИ ПРИ ТОЧІННІ ДЕТАЛЕЙ, ЗАТИСНУТИХ У  
ТОКАРНОМУ ПАТРОНІ З АДАПТИВНИМИ ЗАТИСКНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ**

**I.V. Lutsiv, Dr., Prof.; V.N. Voloshyn, Ph.D, Assoc. Prof.; R.O. Bytsa**

**EVALUATION OF THE TECHNOLOGICAL FACTORS INFLUENCE ON  
DYNAMIC ERRORS FORMATION DURING TURNING PARTS, CLAMPED IN  
LATHE CHUCK WITH ADAPTIVE CLAMPING ELEMENTS**

Похибки обробки деталей на токарних верстах викликані в основному відносними коливаннями оброблюваної деталі та інструменту. Рівень цих коливань в значній мірі пов'язаний з фізичними процесами, обумовлений режимами обробки та іншими експлуатаційно-технологічними факторами. Динамічну точність можна охарактеризувати відхиленнями геометричної форми деталі в поперечному перетині, що викликається відносними зміщеннями інструменту і заготовки при різанні [1, 2]. Тому встановлення залежності величини цього відхилення від параметрів обробки дозволило б прогнозувати це відхилення та дати змогу в повній мірі використати технологічні можливості верстату, оснащеного затискними патронами з адаптивними затискними елементами (ЗЕ) [3, 4].

Для вирішення цієї задачі використано факторне планування експерименту [5], яке дозволяє кількісно оцінити ефекти факторів, їх взаємодії, прийняти оптимальні рішення та зменшити кількість проведення дослідів в порівнянні з однофакторним експериментом. Основні фактори, які впливають на динамічну похибку обробки деталі, затиснутої у адаптивних ЗЕ токарного патрона, вибиралися на основі наступних поставлених вимог: однозначність; керованість; можливість задання із точністю, достатньою для кількісного аналізу; сумісність одного фактора з іншим. При визначенні числа факторів враховувалась апріорна інформація, аналіз якої показав, що основними факторами є: подача інструменту; швидкість різання; глибина різання та діаметр оброблюваної заготовки. Вибір основного рівня і інтервалів варіювання факторів базувався на аналізі можливих діаметрів затиску, швидкостей різання, подач і глибин різання при напівчистовій обробці. При цьому враховувалась зміна вихідних параметрів в широких межах при високій степені фіксування факторів.

Аналіз однофакторних залежностей відхилення від круглості від значень факторів, які розглядаються, показав, що вони носять нелінійний характер. Тому в якості моделі для апроксимації результатів експерименту був прийнятий поліном другого порядку. Прийняття функції такого виду обумовило використання рототабельного центрально-композиційного плану експерименту. Реалізація плану експерименту проведена у лабораторних умовах Технічного коледжу ТНТУ ім. І. Пулюя. Оброблялися деталі по режимах згідно розробленого плану експерименту із конструкційної сталі 45 на токарно-гвинторізному верстаті мод. 1К62, оснащеному токарним патроном із адаптивними ЗЕ. Вимірювання відхилень від круглості оброблених деталей здійснювалося в контрольній лабораторії ТНТУ ім. І. Пулюя.

Отримані відхилення від круглості згідно плану експерименту є точками відгуку системи на дію кожного окремого сполучення факторів, подальший аналіз яких проводився за допомогою пакету прикладних програм STATISTICA. Використання даного пакету прикладних програм дозволило: провести дисперсійний аналіз, на основі якого встановлено найбільш статистично значимі ефекти; знайти коефіцієнти

квадратичної моделі регресії; перевірити модель на адекватність за допомогою критерію Фішера; побудувати поверхні відгуку при різних сполученнях факторів.

Для виділення факторів, які чинять найбільший (домінуючий) вплив на відгук системи, проведено дисперсійний аналіз із включенням опції для оцінки головних лінійних і квадратичних ефектів Він показав, що найбільший вплив на відгук системи чинять такі статистично значимі ефекти як подача, глибина різання та швидкість різання. Модель апроксимації результатів експерименту:

$$\Delta R = 22,06 + 8,62 \cdot S - 2,785 \cdot V + 8,899 \cdot t + 0,06 \cdot D - 0,025 \cdot S \cdot V - 0,4 \cdot S \cdot t + 1,43 \cdot S \cdot D + 1,66 \cdot V \cdot t - 1,68 \cdot V \cdot D + 0,65 \cdot t \cdot D - 1,34 \cdot S^2 + 0,17 \cdot V^2 + 1,62 \cdot t^2 - 0,09 \cdot D^2,$$

де  $\Delta R$  – відхилення від круглості;  $t$ ,  $S$ ,  $V$  – глибина, подача і швидкість різання відповідно;  $D$  – діаметр затиску оброблюваної заготовки.

На рис.1 приведені поверхні відгуку для найбільш значимих статистичних ефектів. Приведені поверхні відгуку показують, що найбільший вплив на динамічну похибку чинять лінійні коефіцієнти регресії при факторах  $S$ ,  $V$  та  $t$ . При збільшенні  $t$  та  $S$  некруглість оброблених поверхонь росте, що пояснюється зростанням сил різання і, як наслідок, збільшення відтискань в системі затискний патрон-заготовка.

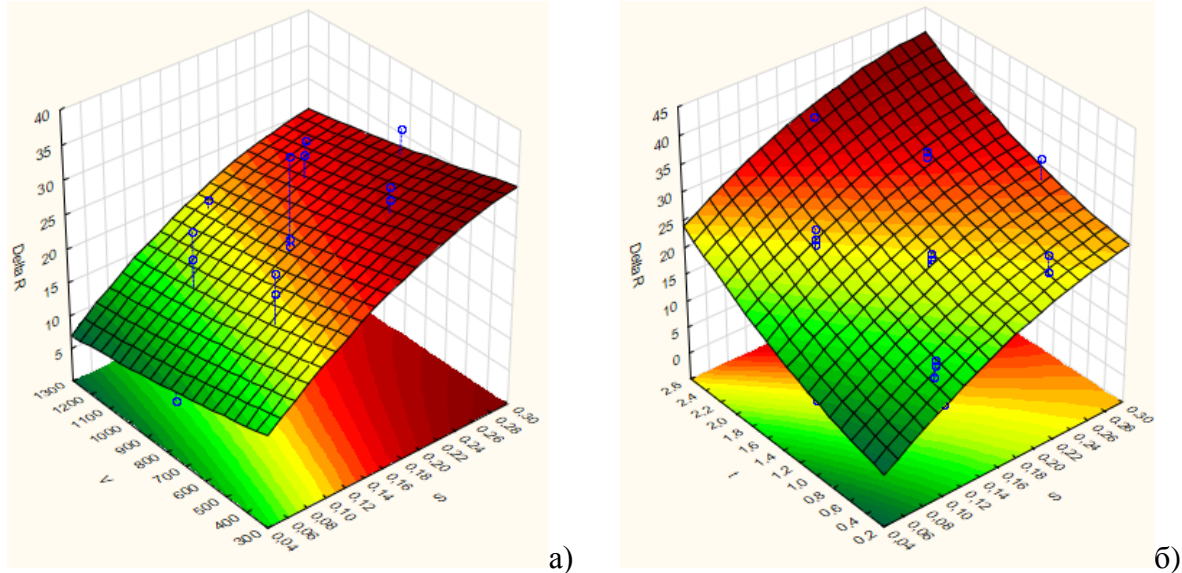


Рис.2. Поверхні відгуку  $\Delta R$  при зміні факторів: а)  $S$  та  $V$ ; б)  $S$  та  $t$

Отримані результати та емпірична модель динамічної похибки можуть бути використані для вирішення практичних задач прогнозування точності обробки деталей (відхилення від круглості циліндричних поверхонь) на токарних верстатах, оснащених затискними патронами з адаптивними ЗЕ.

1. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: монографія/ [Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.

2. Павлов А.Г. Управление динамической точностью при обработке на станках/ Павлов А.Г. – Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1989. – 176 с.

3. Lutsiv I. Adaptation of lathe chucks clamping elements to the clamping surface/ Lutsiv I., Voloshyn V., Bytsa R.// Machines, Technologies, Materials. International journal. – Issue 12/2015 – pp. 64-67.

4. Патент України на корисну модель №105514, МПК В23В31/10. Адаптивний затискний кулачок/ Луців І.В., Волошин В.Н., Бица Р.О. – Опубл. 25.03.2016, Бюл. №6.

5. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий/ Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. – М.: Наука, 1976. – 280 с.